

Elektrohydraulische Bremsanlage für Kraftfahrzeuge

Die Erfindung betrifft eine Bremsanlage für Kraftfahrzeuge, die in einer Betriebsart „Brake-by-Wire“ betrieben werden kann, mit:

einem Hauptzylinder, an den Radbremszylinder anschließbar sind,

einem ersten Kolben, der mit einem Bremspedal gekoppelt ist,

einem zweiten Kolben, der den Hauptzylinder betätigt,
einem dritten Kolben, der vom ersten Kolben betätigbar ist, wobei zwischen dem ersten und dem dritten Kolben mindestens eine eine Simulatorkraft ausübende Bremspedalcharakteristiksimulationseinrichtung vorgesehen ist, die in der by-Wire-Betriebsart dem Fahrzeugführer ein komfortables Pedalgefühl vermittelt, und alle drei Kolben sowie die Bremspedalcharakteristiksimulationseinrichtung in einem Gehäuse angeordnet sind,

mit einer hydraulischen Druckquelle sowie einer Ventileinrichtung zum Reduzieren des Drucks der Druckquelle auf einen Wert, mit dem der zweite Kolben beaufschlagbar ist, wobei der zweite und der dritte Kolben durch einen Zwischenraum derart voneinander getrennt sind, dass der dritte Kolben durch den auf den zweiten Kolben wirkenden Druck in der der Beaufschlagungsrichtung des zweiten Kolbens entgegengesetzten Richtung beaufschlagt wird.

- 2 -

In der Kraftfahrzeugtechnik finden Brake-by-Wire-Bremsysteme eine immer größere Verbreitung. Bei diesen Bremsystemen kann die Bremse auch ohne aktives Zutun des Fahrers aufgrund elektronischer Signale "fremd-"betätigt werden. Diese elektronischen Signale können beispielsweise von einem elektronischen Stabilitätsprogramm ESP oder einem Abstandsregelsystem ACC ausgegeben werden. Kommt es zu einer Überlagerung einer derartigen Fremdbetätigung mit einer Fahrerbetätigung, so spürt der Fahrer des Kraftfahrzeugs eine Rückwirkung im Bremspedal. Dieser Rückwirkungseffekt auf das Bremspedal kann für den Fahrer ungewohnt und unangenehm sein, so dass der Fahrer in einer kritischen Situation des Straßenverkehrs das Bremspedal nicht so stark betätigt wie es in dieser Situation notwendig wäre, da er durch die von der Fremdbetätigung der Bremse verursachte Rückwirkung auf das Bremspedal irritiert wird.

Die EP 1 078 833 A1 beschreibt eine elektrohydraulische Bremsanlage der eingangs genannten Gattung. Die Ventileinrichtung zum Reduzieren des Drucks der Druckquelle ist bei der vorbekannten Bremsanlage als ein mittels eines Kipphebels mechanisch betätigbares Schieberventil ausgebildet, dessen Schieber in einer im Gehäuse vorgesehenen Bohrung verschiebbar geführt ist. Um sowohl den Schieber als auch eine ihn vorspannende Druckfeder einzubauen ist die Bohrung zur Atmosphäre hin offen ausgeführt, so dass in diesem Bereich eine Leckagegefahr entsteht, die eine Verunreinigung des Fahrzeuginnenraums verursachen kann.

Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Bremsanlage der eingangs genannten Gattung anzugeben, bei der die vorhin erwähnte Gefahr der Leckage in den Innenraum des Fahrzeuges weitgehendst eliminiert wird. Außerdem soll

- 3 -

die Bremsanlage einen einfachen Aufbau aufweisen und kostengünstig herstellbar sein.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass beide Stirnflächen eines Ventilkörpers der Ventileinrichtung der Wirkung des im Zwischenraum herrschenden Druckes ausgesetzt sind.

Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen 2 - 36 aufgeführt.

Im Folgenden werden Beispiele der Ausführungsformen der Erfindung unter Bezugnahme auf die beiliegenden schematischen Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 den Aufbau der erfindungsgemäßen Bremsanlage gemäß einer ersten Ausführungsform im Ruhezustand,

Fig. 2 die erfindungsgemäße Bremsanlage gemäß Fig. 1 während einer Druckhaltephase einer unabhängig vom Fahrerwillen eingeleiteten „Fremd“-Bremsung,

Fig. 3 die erfindungsgemäße Bremsanlage gemäß Fig. 1 während einer Druckhaltephase einer bevorzugten „Brake-by-wire“-Bremsung,

Fig. 4 die erfindungsgemäße Bremsanlage gemäß Fig. 1 während eines Ausfalls der elektrischen Stromversorgung bzw. in der sog. hydraulischen Rückfallebene,

Fig. 5 die erfindungsgemäße Bremsanlage gemäß Fig. 1 während eines Ausfalls der Druckquelle bzw. in der sog. mechanischen Rückfallebene,

- 4 -

Fig. 6 den Aufbau einer zweiten erfindungsgemäßen Ausführungsform der Bremsanlage im Ruhezustand,

Fig. 7 eine dritte erfindungsgemäße Ausführungsform der Bremsanlage im Ruhezustand und

Fig. 8 eine vierte erfindungsgemäße Ausführungsform der Bremsanlage im Ruhezustand.

Figur 1 zeigt die erfindungsgemäße Bremsanlage im Ruhezustand. Die Bremsanlage weist ein Bremspedal 3 auf, das über eine Betätigungsstange 36 mit einem ersten Kolben 2 fest verbunden ist. Der Bremspedalweg kann mittels eines Wegsensors 17 erfasst werden. Der erste Kolben 2 ist in einem dritten Kolben 5 angeordnet, wobei zwischen dem ersten und dem dritten Kolben eine hydraulische Kammer 21 angeordnet ist, in der elastische Elemente 6, 7, die eine Bremspedalcharakteristiksimulationseinrichtung bilden, eine Kopplung zwischen dem ersten (2) und dem dritten Kolben 5 bewirken.

Weiterhin ist ein zweiter Kolben 4 vorgesehen, der einem Hauptzylinder 1 zugeordnet ist und darin einen Druckaufbau ermöglicht. Der Hauptzylinder 1 ist über eine lediglich schematisch angedeutete elektrohydraulische Regel- bzw. Steuereinheit 28 eines Blockierschutzsystems (ABS) an nicht gezeigte Radbremsen des Fahrzeuges angeschlossen.

Der erste (2), der zweite (4) und der dritte Kolben 5 sind in einem Gehäuse 8 untergebracht. Zwischen dem dritten Kolben 5 und dem zweiten Kolben 4 befindet sich ein Zwischenraum 11, der mit Druckmittel befüllbar ist. Die Steuerung des Drucks in dem Zwischenraum 11 geschieht in einem bevorzugten „Brake-by-Wire“-Betriebsmodus (s. Fig. 3) auf folgende Weise: Der Fahrer bewegt bei Betätigung des Bremspe-

- 5 -

dals 3 den ersten Kolben 2 entgegen der Federkraft der elastischen Elemente 6 und 7. Die elastischen Elemente 6 und 7 sind so ausgeführt, dass sie dem Fahrer das Bremsgefühl vermitteln, das einer gewöhnlichen Bremspedalcharakteristik entspricht. Dies bedeutet, dass bei geringem Bremspedalweg der Widerstand langsam ansteigt und bei größerem Bremspedalweg überproportional zunimmt. Durch Betätigen des Bremspedals 3 kann nun auch der dritte Kolben 5 in Richtung des zweiten Kolbens 4 bewegt werden, wodurch bereits nach einem sehr geringen Verfahrweg eine erste Ventileinrichtung 10 betätigt wird. Die erste Ventileinrichtung 10 ist im dargestellten Beispiel als ein hydromechanisches Verstärkerventil ausgebildet, das einen Ventilkörper 13 aufweist, der mittels einer Feder 32 in Richtung auf den zweiten Kolben 4 zu vorgespannt wird und zwei Steuerkanten aufweist, deren Aufgabe im nachfolgenden Text erläutert wird. Eine hydraulische Verbindung 12, die entweder, wie dargestellt, im Gehäuse 8 ausgebildet oder alternativ durch eine nicht gezeigte axiale Durchgangsbohrung im Ventilkörper 3 gebildet wird, ermöglicht ein Beaufschlagen der dem Zwischenraum 11 abgewandten Stirnfläche des Ventilkörpers 13 mit dem im Zwischenraum 11 eingesteuerten Druck. Der Ventilkörper 13 wirkt dabei mit einem Betätigungselement zusammen, das in der dargestellten Ausführungsform als ein am dritten Kolben 5 angeformter radialer Vorsprung 14 ausgebildet ist. Bewegt sich der dritte Kolben 5 ein wenig in Richtung des zweiten Kolbens 4, so folgt der Ventilkörper 13 seiner Bewegung so lange, bis eine Verbindung zwischen dem Zwischenraum 11 und einer hydraulischen Druckquelle 9 hergestellt wird. Diese Verbindung wird dadurch hergestellt, dass die in der Zeichnung rechte Steuerkante des Ventilkörpers 13 den Strömungsweg zwischen einer von der Druckquelle 9 her führenden hydraulischen Druckleitung 23 bzw. einem von dieser abzweigenden Leitungsabschnitt 33 und einem im Zwischenraum 11 mün-

- 6 -

denden Druckmittelkanal 34 freigibt. Die hydraulische Druckquelle 9 wird vorzugsweise durch einen Hochdruckspeicher 19 gebildet, der durch ein Motor-Pumpen-Aggregat 20 aufgeladen wird. Das Motor-Pumpen-Aggregat 20 besteht aus einem Elektromotor 26 sowie einer hydraulischen Pumpe 27, deren Saugseite an einen drucklosen Druckmittelvorratsbehälter 22 angeschlossen ist, während ihre Druckseite über die vorhin genannte Leitung 23 mit dem Hochdruckspeicher 19 in Verbindung steht. In der Leitung 23 ist ein zum Hochdruckspeicher 19 hin öffnendes Rückschlagventil 24 eingefügt, wobei ein Drucksensor 39 die Überwachung des Ladezustands des Hochdruckspeichers 19 ermöglicht. Der Hochdruckspeicher 19 unterstützt die Pumpe 27 vor allem in den Fällen, in denen beispielsweise bei einer schnellen Vollbremsung in kurzer Zeit Druck aufgebaut werden muss, den die Pumpe 27 aufgrund ihrer Massenträgheit nicht sofort bereitstellen kann. Mittels der Verbindung zwischen dem Hochdruckspeicher 19 und dem Zwischenraum 11 wird dieser mit Druck beaufschlagt, wodurch der zweite Kolben 4 im Hauptzylinder 1 Druck aufbaut und der dritte Kolben 5 in Richtung eines Anschlags 35 im Gehäuse 8 gedrückt wird, an dem er vor dem Betätigen der Bremse anlag. Eine zweite Ventileinrichtung 51 besteht aus einem an den Hochdruckspeicher 19 angeschlossenen Ventil 15, einem Druckaufbauventil, das im unbestromten Zustand geschlossen ist, und einem in den Druckmittelkanal 34 eingefügten Ventil 16, in der dargestellten Ausführungsform einem Trennventil, das im unbestromten Zustand geöffnet ist, so dass die Pumpe 27 beziehungsweise der Hochdruckspeicher 19 den Zwischenraum 11 über die vorhin erläuterte Verbindung mit Druck beaufschlagen kann. Ein Drucksensor 18 kann den in dem Zwischenraum 11 eingesteuerten Druck erfassen. Durch Bestromen des Trennventils 16 kann ein Abfließen von Druckmittel aus dem Zwischenraum 11 über die Ventileinrichtung 10 unterbunden

- 7 -

werden, während durch Bestromen des Druckaufbauventils 15 dem Zwischenraum 11 Druckmittel zugeführt werden kann.

Im unbetätigten Zustand des Bremspedals 3 (s. Fig. 1) wird der erste Kolben 2 über die elastischen Elemente 6 und 7 gegen einen Anschlag 37 angedrückt, der im dritten Kolben 5 ausgebildet ist.

Im ersten Betriebsmodus, dessen Druckhaltephase in Fig. 2 dargestellt ist und der durch einen vom Fahrerwillen unabhängigen Bremsvorgang charakterisiert ist, wird durch Ansteuern der zweiten Ventileinrichtung 51 der Betätigungsdruck im Zwischenraum 11 einem fortlaufend neu berechneten Solldruckwert nachgeführt. Dazu kann durch Bestromen des Trennventils 16 der Volumenstrom zur Ventileinrichtung 10 unterbunden werden, die Möglichkeit des umgekehrten Volumenstroms von der ersten Ventileinrichtung 10 durch das Trennventil 16 zum Druckaufbau im Zwischenraum 11 bleibt erhalten. Über das Druckaufbauventil 15 kann elektronisch gesteuert ein höherer Betätigungsdruck eingestellt werden als der, den das hydromechanische Verstärkerventil, die Ventileinrichtung 10, vorgeben würde. Zum elektronisch gesteuerten Druckabbau wird die Bestromung des Trennventils 16 vorübergehend ausgesetzt, so dass Druckmittel zur ersten Ventileinrichtung 10 abfließen kann, die in diesem Betriebszustand eine Verbindung zum Druckmittelvorratsbehälter 22 herstellt. Diese Verbindung kommt dadurch zustande, dass die in der Zeichnung linke Steuerkante des Ventilkörpers 13 den Strömungsweg zwischen dem Druckmittelkanal 34 und einer von der ersten Ventileinrichtung 10 zum Druckmittelvorratsbehälter 22 führenden hydraulischen Verbindung 38 freigibt. Diese elektronische Bremsdruck-Regelung hat den Vorteil, dass ihr Übertragungsverhalten im Rahmen der durch die technischen Daten von Hochdruckspeicher, Druckaufbau-

- 8 -

und Trennventil gegebenen Dynamik frei wählbar ist. Daher können eine sogenannte Springerfunktion, d.h. das Springen auf einen vorgegebenen Bremsdruckwert beim Antippen des Bremspedals 3, eine Bremsassistentenfunktion, eine Verzögerungsregelung und ein autonomes Bremsen, wie es beispielsweise für ASR (Antriebs-Schlupf-Regelung), ESP (Elektronisches Stabilitäts-Programm) und ACC (Adaptive Cruise Control) benötigt wird, durch Softwaremaßnahmen realisiert werden. Hierfür wird die Fahrervorgabe in Form einer Bremspedalbetätigung, die durch Weg-, Kraft- oder sonstige Sensoren erfasst wird, von einer nicht dargestellten Recheneinheit durch Anwendung geeigneter Algorithmen in Radbremsdrücke umgerechnet, die mit Hilfe der elektronisch schaltbaren Ventile im Fremdkraft-Bremsmodul und der nachgeschalteten ABS-Hydraulik realisiert werden.

In dem zweiten, dem „Brake-by-wire“-Betriebsmodus, dessen Druckhaltephase in Fig. 3 dargestellt ist und der durch einen vom Fahrer verzögerungswunsch eingeleiteten Fremdbremsvorgang charakterisiert ist, wird im Zwischenraum 11 durch eine entsprechende Ansteuerung der Ventile 15, 16 nach Maßgabe des Signals des den Fahrerwunsch erfassenden Wegsensoren 17 ein hydraulischer Druck eingeregelt. In der in Fig. 3 dargestellten Druckhaltephase bleibt das Druckaufbauventil 15 unbestromt, während das Trennventil 16 bestromt und in seiner Sperrstellung gehalten wird. Ansonsten ist der „Brake-by-wire“-Betriebsmodus bei elektrohydraulischen Bremsanlagen bekannt und braucht deshalb nicht ausführlich erörtert zu werden.

Im dritten Betriebsmodus (s. Fig. 4), der durch einen Ausfall der elektrischen Stromversorgung bzw. die sog. hydraulische Rückfallebene charakterisiert ist, bleiben die elektromagnetischen Ventile 15 und 16 unbestromt. Dadurch

- 9 -

kann die Ventileinrichtung 10, das hydromechanische Verstärkerventil, den Betätigungsdruck im Zwischenraum 11 regeln und so eine Bremskraftverstärkung bewirken. Dabei wird der Druckaufbau durch das Zusammenwirken der in der Zeichnung rechten Steuerkante des Ventilkörpers 13 mit dem Leitungsabschnitt 33 geregelt, während der Druckabbau durch das Zusammenwirken der in der Zeichnung linken Steuerkante mit der hydraulischen Leitung 38 geregelt wird. Die hydraulische Verstärkung funktioniert ohne Elektrizität, solange der Hochdruckspeicher 19 unter Druck stehendes Druckmittel abgeben kann. Es liegt eine lineare Kraftverstärkung vor, deren Verstärkungsfaktor durch das Verhältnis der Querschnittsflächen von zweitem Kolben 4 zu drittem Kolben 5 fest vorgegeben ist.

Im vierten Betriebsmodus, der durch das Fehlen eines hydraulischen Drucks im Druckspeicher 19 bzw. die sog. mechanische Rückfallebene (s. Fig. 5) charakterisiert ist, kann die Bremsanlage rein mechanisch betätigt werden, der dritte Kolben 5 bewegt sich unter der Wirkung einer am Bremspedal 3 eingeleiteten Betätigungskraft von seinem Anschlag 35 weg und verschiebt den zweiten Kolben 4 durch eine mechanische Kraftübertragung, so dass die Betätigung des Hauptzylinders 1 ausschließlich mit Muskelkraft erfolgt. Durch die stattfindende Relativbewegung des dritten Kolbens 5 gegenüber dem Gehäuse 8 erfolgt eine Absperrung der oben erwähnten hydraulischen Kammer 21, indem die Mündung einer an die hydraulische Kammer 21 angeschlossenen Leitung 50 eine im Gehäuse 8 angeordnete, feststehende Dichtung 41 überfährt. Durch die Absperrung wird die Funktion der Bremspedalcharakteristiksimulations-einrichtung 6,7 abgeschaltet, so dass eine direkte Kraftübertragung vom ersten (2) auf den dritten Kolben 5 statt findet.

- 10 -

In Figur 6 ist eine zweite erfindungsgemäße Ausführungsform dargestellt, bei der die vorhin erwähnte hydraulische Kammer 21 vom ersten Kolben 2 teilweise im dritten Kolben 5 und teilweise im zweiten Kolben 4 begrenzt ist. Die hydraulische Verbindung zwischen dem im dritten Kolben 5 ausgebildeten Teil 42 der Kammer 21 mit ihrem im zweiten Kolben 4 ausgebildeten Teil 43 erfolgt über im ersten Kolben 2 senkrecht zueinander ausgebildeten Bohrungen 44, 45, wobei das vorhin erwähnte elastische Element 6 der Bremspedalcharakteristiksimulationseinrichtung bzw. eine Druckfeder 46 außerhalb der hydraulischen Kammer 21 (bzw. 42) angeordnet ist und somit trocken bleibt. Eine zweite, die Wirkung der Druckfeder 46 unterstützende Druckfeder 47 stützt sich einerseits am ersten Kolben 2 und andererseits am zweiten Kolben 4 ab. Eine dritte Druckfeder 48 spannt den dritten Kolben 5 entgegen der Betätigungsrichtung der Bremsanlage vor und stützt sich an einer im Gehäuse 8 ausgebildeten Anlagefläche 49 ab.

Bei einer in Fig. 7 dargestellten dritten Ausführung der erfindungsgemäßen Bremsanlage erfolgt die Betätigung der Ventileinrichtung 10 durch einen mit dem dritten Kolben (5) zusammenwirkenden Hebel bzw. Querstab 31. Der Querstab 31, der mit dem Ventilkörper 13 in kraftübertragender Verbindung steht, ist im Gehäuse 8 gelagert, erstreckt sich im Ruhezustand vorzugsweise senkrecht zur Längsachse des dritten Kolbens 5 durch eine im dritten Kolben 5 ausgebildete Ausnehmung 53 hindurch und stützt sich unter der Wirkung der vorhin erwähnten Feder 32 auf die Art eines zweiarmigen Hebels an einem am dritten Kolben 5 ausgebildeten Vorsprung 54 ab.

Bei einer in Fig. 8 dargestellten vierten Ausführung der erfindungsgemäßen Bremsanlage ist das Motor-Pumpen-Aggregat

- 11 -

20 in der vorhin erwähnten elektrohydraulischen Steuer- und Regeleinheit 28 integriert. Die Saugseite der Pumpe 27 wird über eine zwischen dem Gehäuse 8 und der Steuer- bzw. Regeleinheit 28 angeordnete, zum Druckmittelvorratsbehälter 22 hin führende erste hydraulische Verbindung 50 mit Druckmittel unter Atmosphärendruck versorgt. Das von der Pumpe 26 unter hohem Druck abgegebene Druckmittel wird über eine zweite, zwischen der Steuer- bzw. Regeleinheit 28 und dem Gehäuse 8 angeordnete, hydraulische Verbindung 51 sowie einen innerhalb des Gehäuses 8 verlaufenden, zum Hochdruckspeicher 19 führenden Verbindungsabschnitt 52 dem Hochdruckspeicher 19 zugeführt. Dabei ist im Verbindungsabschnitt 52 ein elektrisch schaltbares Ventil 25, vorzugsweise ein 2/2-Wegeventil eingefügt, das in einer ersten Schaltstellung die Funktion eines zum Hochdruckspeicher 19 hin öffnenden Rückschlagventils erfüllt und in einer zweiten Schaltstellung die hydraulische Verbindung 51 freigibt. Bei freigegebener Verbindung 51 kann die Steuer- bzw. Regeleinheit bei nicht oder noch nicht betriebsbereitem Motor-Pumpen-Aggregat 20 aus dem Hochdruckspeicher 19 mit hydraulischer Energie versorgt werden. Verzichtet man auf dieses Merkmal, dann kann das elektrisch schaltbare Ventil 25 durch ein Rückschlagventil ersetzt werden.

Außerdem beinhaltet die elektrohydraulische Steuer- und Regeleinheit 28 eine Einrichtung 30 zum Rückfördern von bei Blockierschutzregelvorgängen entstehendem, überschüssigem Druckmittelvolumen in den Hauptbremszylinder 1. Die Rückfördereinrichtung 30, die durch den von dem Motor-Pumpen-Aggregat 20 aufgebrachten Druck sowie durch den im Hochdruckspeicher 19 vorliegenden Druck antreibbar ist, wird durch mindestens zwei Niederdruckspeicher 30a,

- 12 -

30b, 40a, 40b gebildet, die abwechselnd ein anfallendes Druckmittelvolumen aufnehmen bzw. das angefallene Druckmittelvolumen durch die Wirkung des antreibenden Druckes im Sinne einer Rückförderung in den Hauptbremszylinder 1 verdrängen. Bei der gezeigten Ausführung sind zwei Gruppen von Niederdruckspeichern 30a, 30b und 40a, 40b vorgesehen, wobei jedem Bremskreis I, II jeweils ein Paar Niederdruckspeicher 30a, 30b; 40a, 40b derart zugeordnet ist, dass in jedem der Bremskreise I und II ein der Gruppe a, sowie ein der Gruppe b zugehöriger Niederdruckspeicher vertreten ist. Die Niederdruckspeicher 30a, 30b, 40a, 40b können auf ihrer den Niederdruck-Anschlüssen abgewandten Seite mit dem von dem vorhin erwähnten Motor-Pumpen-Aggregat 20 aufgebrachten hohen Druck beaufschlagt werden, so dass das darin enthaltene bremskreisseitige Druckmittelvolumen in den Hauptbremszylinder 1 zurückgefördert werden kann. Dabei arbeiten die beiden Gruppen 30a, 40a, bzw. 30b, 40b zyklisch nach dem Schema:

- Rückfördern der ersten Gruppe 30a, 40a,
- kein Rückfördern,
- Rückfördern der zweiten Gruppe 30b, 40b,
- kein Rückfördern.

Die Druckbeaufschlagung wird mittels einer dem Motor-Pumpen-Aggregat 20 zugeordneten Ventilanordnung 29 derart gesteuert, dass zu jedem Zeitpunkt mindestens ein Niederdruckspeicher pro Bremskreis in der Lage ist, das von den in der elektrohydraulischen Steuer- und Regeleinheit 28 enthaltenen, nicht näher bezeichneten Druckregelventilen abgelassene Druckmittel aufzunehmen. Die Ventilanordnung 29 besteht dabei vorzugsweise aus vier Ventilen 53, 54, 55, 56, die in Form einer H-Brückenschaltung derart geschaltet

- 13 -

sind, dass das Ventilpaar 53, 54 der ersten Niederdruckspeicher-Gruppe 30a, 40a und das Ventilpaar 55, 56 der zweiten Niederdruckspeicher-Gruppe 30b, 40b zugeordnet sind. Durch Umschalten der Ventile 53, 55 werden die Niederdruckspeicher-Gruppen mit dem Fremddruck beaufschlagt, während durch Umschalten der Ventile 54, 56 die Niederdruckspeicher-Gruppen mittels der vorhin erwähnten hydraulischen Verbindung 50 mit dem Druckmittelvorratsbehälter 22, d.h. mit dem Atmosphärendruck, verbunden werden.

Der Ansteuerung sämtlicher vorhin erwähnten Ventile sowie des Elektromotors 26 dient eine vorzugsweise mit der Steuer- bzw. Regeleinheit 28 eine Baueinheit bildende, nicht dargestellte elektronische Steuereinheit, der als Eingangsinformationen die Ausgangssignale der Sensoren 17, 18 und 39 zugeführt werden.

Patentansprüche

1. Elektrohydraulische Bremsanlage für Kraftfahrzeuge, die in einer Betriebsart „Brake-by-Wire“ betrieben werden kann, mit

- einem Hauptzylinder (1), an den Radbremszylinder anschließbar sind,
- einem ersten Kolben (2), der mit einem Bremspedal (3) gekoppelt ist,
- einem zweiten Kolben (4), der den Hauptzylinder (1) betätigt,
- einem dritten Kolben (5), der vom ersten Kolben (2) betätigbar ist,

wobei zwischen dem ersten (2) und dem dritten Kolben (5) mindestens eine eine Simulatorkraft ausübende Bremspedalcharakteristiksimulationseinrichtung (6, 7) vorgesehen ist, die in der by-Wire-Betriebsart dem Fahrzeugführer ein komfortables Pedalgefühl vermittelt, und alle drei Kolben (2, 4, 5), sowie die Wegsimulatoreinrichtung in einem Gehäuse (8) angeordnet sind,

- einer hydraulischen Druckquelle (9), sowie
- einer durch den dritten Kolben (5) betätigbaren Ventileinrichtung (10) zum Reduzieren des Drucks

- 15 -

der Druckquelle (9) auf einen Wert, mit dem der zweite Kolben (4) beaufschlagbar ist,

wobei der zweite (4) und der dritte Kolben (5) durch einen Zwischenraum (11) derart voneinander getrennt sind, dass der dritte Kolben (5) durch den den zweiten Kolben (4) beaufschlagenden Druck in der der Beaufschlagungsrichtung des zweiten Kolbens (4) entgegengesetzten Richtung beaufschlagt wird, dadurch **gekennzeichnet**, dass beide Stirnflächen eines Ventilkörpers (13) der Ventileinrichtung (10) der Wirkung des im Zwischenraum (11) herrschenden Druckes ausgesetzt sind.

2. Bremsanlage nach Anspruch 1, dadurch **gekennzeichnet**, dass eine Stirnfläche des Ventilkörpers (13) über eine im Gehäuse (8) vorgesehene hydraulische Verbindung (12) der Wirkung des im Zwischenraum (11) herrschenden Druckes ausgesetzt ist.
3. Bremsanlage nach Anspruch 1, dadurch **gekennzeichnet**, dass die beiden Stirnflächen des Ventilkörpers (13) über eine Längsbohrung im Ventilkörper (13) miteinander kommunizieren.
4. Bremsanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch **gekennzeichnet**, dass die Bewegungsrichtungen des Ventilkörpers (13) und des dritten Kolbens (5) bei einer Betätigung der Ventileinrichtung (10) durch den dritten Kolben (5) identisch sind.

- 16 -

5. Bremsanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch **gekennzeichnet**, dass der Ventilkörper (13) durch den dritten Kolben (5) direkt betätigbar ist.
6. Bremsanlage nach Anspruch 5, dadurch **gekennzeichnet**, dass der dritte Kolben (5) mit einem radialen Vorsprung (14) versehen ist, der mit der dem Zwischenraum (11) zugewandten Stirnfläche des Ventilkörpers (13) kraftübertragend zusammenwirkt.
7. Bremsanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch **gekennzeichnet**, dass der Ventilkörper (13) durch einen mit dem dritten Kolben (5) zusammenwirkenden, im Gehäuse (8) gelagerten, vorzugsweise senkrecht zur Längsachse des dritten Kolbens (5) angeordneten Hebel bzw. Querstab (31) betätigbar ist.
8. Bremsanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch **gekennzeichnet**, dass die hydraulische Druckquelle (9) durch einen Hochdruckspeicher (19) gebildet ist, der durch ein Motor-Pumpen-Aggregat (20) aufladbar ist.
9. Bremsanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch **gekennzeichnet**, dass eine mittels einer elektronischen Steuereinheit elektrisch betätigbare zweite Ventileinrichtung (15, 16) vorgesehen ist, mit der der in den Zwischenraum (11) einzuspeisende Druck beeinflussbar ist und die im Gehäuse (8) integriert ist.
10. Bremsanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch **gekennzeichnet**, dass ein Drucksensor (39) zum Überwachen des Ladezustands des Hochdruckspeichers (19) vor-

- 17 -

gesehen ist, dessen Ausgangssignal der elektronischen Steuereinheit zugeführt wird und der im Gehäuse (8) integriert oder formschlüssig mit diesem verbunden ist.

10. Bremsanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch **gekennzeichnet**, dass ein Drucksensor (18) zum Erfassen des im Zwischenraum (11) herrschenden Druckes vorgesehen ist, dessen Ausgangssignal der elektronischen Steuereinheit zugeführt wird und der im Gehäuse (8) integriert oder formschlüssig mit diesem verbunden ist.
11. Bremsanlage nach einem der Ansprüche 8 bis 11, dadurch **gekennzeichnet**, dass der Hochdruckspeicher (19) direkt am Gehäuse (8) angeordnet ist, wobei eine hydraulische Verbindung (23) zwischen der Druckseite einer Pumpe (27) des Motor-Pumpen-Aggregats (20) und dem Hochdruckspeicher (19) durch wenigstens eine im Gehäuse (8) vorgesehene Bohrung gebildet ist.
12. Bremsanlage nach Anspruch 12, dadurch **gekennzeichnet**, dass in der hydraulischen Verbindung (23) ein zum Hochdruckspeicher (19) hin öffnendes Rückschlagventil (24) eingefügt ist.
13. Bremsanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch **gekennzeichnet**, dass an den Hauptbremszylinder (1) eine elektrohydraulische Steuer- bzw. Regeleinheit (28) eines Blockierschutzregelsystems (ABS) angeschlossen ist.

- 18 -

14. Bremsanlage nach Anspruch 14, dadurch **gekennzeichnet**, dass die elektrohydraulische Steuer- bzw. Regeleinheit (28) nach dem Rückförderprinzip arbeitet und eine Einrichtung (30) zum Rückfördern von überschüssigem Druckmittelvolumen in den Hauptbremszylinder (1) aufweist.
15. Bremsanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 7 und 9 bis 15, dadurch **gekennzeichnet**, dass das Motor-Pumpen-Aggregat (20) in der elektrohydraulischen Steuer- bzw. Regeleinheit (28) integriert ist.
16. Bremsanlage nach Anspruch 16, dadurch **gekennzeichnet**, dass die Pumpe (27) über eine zwischen dem Gehäuse (8) und der Steuer- bzw. Regeleinheit (28) angeordnete erste hydraulische Verbindung (50) mit Druckmittel unter Atmosphärendruck versorgt wird und das von der Pumpe (27) unter hohem Druck abgegebene Druckmittel über eine zweite, zwischen der Steuer- bzw. Regeleinheit (28) und dem Gehäuse (8) angeordnete, hydraulische Verbindung (51) zu einem innerhalb des Gehäuses (8) verlaufenden, zum Hochdruckspeicher (19) führenden Abschnitt (52) der hydraulischen Verbindung (23) geleitet wird.
17. Bremsanlage nach Anspruch 17, dadurch **gekennzeichnet**, dass innerhalb des Abschnitts (52) ein zum Hochdruckspeicher (19) hin öffnendes Rückschlagventil eingefügt ist.

- 19 -

18. Bremsanlage nach Anspruch 17, dadurch **gekennzeichnet**, dass innerhalb des Abschnitts (52) ein elektrisch schaltbares Ventil (25), vorzugsweise ein 2/2-Wegeventil eingefügt ist, das in einer ersten Schaltstellung die Funktion eines zum Hochdruckspeicher (19) hin öffnenden Rückschlagventils erfüllt und in einer zweiten Schaltstellung die hydraulische Verbindung (51) freigibt.
19. Bremsanlage nach Anspruch 15, dadurch **gekennzeichnet**, dass die Einrichtung (30) zum Rückfördern von überschüssigem Druckmittelvolumen durch den von dem Motor-Pumpen-Aggregat (9) aufgebrauchten Druck antreibbar ist.
20. Bremsanlage nach Anspruch 15, dadurch **gekennzeichnet**, dass die Einrichtung (30) zum Rückfördern von überschüssigem Druckmittelvolumen sowohl durch den von dem Motor-Pumpen-Aggregat (20) aufgebrauchten Druck als auch durch den im Hochdruckspeicher (19) vorliegenden Druck antreibbar ist.
21. Bremsanlage nach Anspruch 20 oder 21, dadurch **gekennzeichnet**, dass die Einrichtung (30) durch mindestens zwei Niederdruckspeicher (30a,b;40a,b) gebildet ist, die abwechselnd ein anfallendes Druckmittelvolumen aufnehmen bzw. das angefallene Druckmittelvolumen durch die Wirkung des antreibenden Druckes im Sinne einer Rückförderung verdrängen.
22. Bremsanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche 20 bis 22, dadurch **gekennzeichnet**, dass das Motor-

- 20 -

Pumpen-Aggregat (20) oder der Hochdruckspeicher (19) in Verbindung mit dem elektrisch schaltbaren Ventil (25) mit einer Ventilanordnung (29) zusammenwirkt, die abwechselnd den antreibenden Druck bzw. den Atmosphärendruck für die Niederdruckspeicher (30a,b;40a,b) bereitstellt.

23. Bremsanlage nach Anspruch 23, dadurch **gekennzeichnet**, dass die Ventilanordnung (29) in der elektrohydraulischen Steuer- bzw. Regeleinheit (28) integriert ist.
24. Bremsanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch **gekennzeichnet**, dass die Bremspedalcharakteristiksimulationseinrichtung wenigstens ein elastisches Element (6,7) enthält, das einen vom Relativweg zwischen erstem (2) und drittem Kolben (5) abhängigen „Federkraft“-Anteil der Simulatorkraft ausübt.
25. Bremsanlage nach Anspruch 25 dadurch **gekennzeichnet**, dass die Bremspedalcharakteristiksimulationseinrichtung wenigstens eine Dämpfungseinrichtung enthält, die eine von der Relativgeschwindigkeit zwischen erstem (2) und drittem Kolben (5) abhängigen „Dämpfungskraft“-Anteil der Simulatorkraft ausübt.
26. Bremsanlage nach Anspruch 25 oder 26 dadurch **gekennzeichnet**, dass die Bremspedalcharakteristiksimulationseinrichtung (6,7) wenigstens eine der Simulatorkraft ausübenden Komponenten «Stahlfeder, Elastomerkörper, und Reibverbindung» enthält.

- 21 -

27. Bremsanlage nach einem der Ansprüche 25 bis 27 dadurch **gekennzeichnet**, dass die Bremspedalcharakteristiksimulationseinrichtung (6,7) derart sperrbar ist, dass sie in gesperrtem Zustand eine über die bestehenden Kolbenpositionen hinausgehende Bewegung des ersten Kolbens (2) relativ zum dritten Kolben (5) in Betätigungsrichtung verhindert.
28. Bremsanlage nach Anspruch 28 dadurch **gekennzeichnet**, dass die Sperrung der Bremspedalcharakteristiksimulationseinrichtung (6,7) in Abhängigkeit vom Relativweg des dritten Kolbens (5) gegenüber dem Gehäuse (8) erfolgt.
29. Bremsanlage nach Anspruch 29 dadurch **gekennzeichnet**, dass die Bremspedalcharakteristiksimulationseinrichtung mit einer von dem ersten Kolben (2) im dritten Kolben (5) begrenzten hydraulischen Kammer (21) zusammenwirkt, die über eine weitere hydraulische Verbindung (50) mit einem drucklosen Druckmittelvorratsbehälter (22) in Verbindung steht und die durch eine Relativbewegung des dritten Kolbens (5) gegenüber dem Gehäuse (8) absperrbar ist.
30. Bremsanlage nach einem der Ansprüche 25 bis 27 dadurch **gekennzeichnet**, dass die Bremspedalcharakteristiksimulationseinrichtung (6,7) derart sperrbar ist, dass sie in gesperrtem Zustand eine über die bestehenden Kolbenpositionen hinausgehende Bewegung des ersten Kolbens (2) relativ zum zweiten Kolben (4) in Betätigungsrichtung verhindert.

- 22 -

31. Bremsanlage nach Anspruch 29 dadurch **gekennzeichnet**, dass die Bremspedalcharakteristiksimulations-einrichtung mit einer von dem ersten Kolben (2) im dritten Kolben (5) sowie im zweiten Kolben (4) begrenzten hydraulischen Kammer (42,43,44,45) zusammenwirkt, die mit dem drucklosen Druckmittelvorratsbehälter (22) in Verbindung steht und die durch eine Relativbewegung des dritten Kolbens (5) gegenüber dem Gehäuse (8) absperrbar ist.
32. Bremsanlage nach einem der Ansprüche 30 bis 32 dadurch **gekennzeichnet**, dass eine Dämpfung oder zumindest ein Anteil der Dämpfung der Bremspedalcharakteristiksimulationseinrichtung (6,7) durch eine entsprechende Dimensionierung einer hydraulischen Verbindung (50) zwischen der hydraulischen Kammer (42,43,44,45) und dem drucklosen Druckmittelvorratsbehälter (22) erzielt wird.
33. Bremsanlage nach Anspruch 33 dadurch **gekennzeichnet**, dass die Dämpfung der Bremspedalcharakteristiksimulationseinrichtung (6,7) durch eine in die hydraulische Verbindung (50) eingefügte hydraulische Dämpfungseinrichtung erzielt wird.
34. Bremsanlage nach Anspruch 34 dadurch **gekennzeichnet**, dass die Dämpfungseinrichtung hydraulische Blenden enthält und eine von der Durchströmungsrichtung abhängige Dämpfungsscharakteristik aufweist.
35. Bremsanlage nach einem der Ansprüche 27 bis 35 dadurch **gekennzeichnet**, dass die die Simulatorkraft

- 23 -

ausübenden Komponenten jeweils entweder außerhalb („trocken“) oder innerhalb („nass“) der hydraulischen Kammer (21) angeordnet sind.

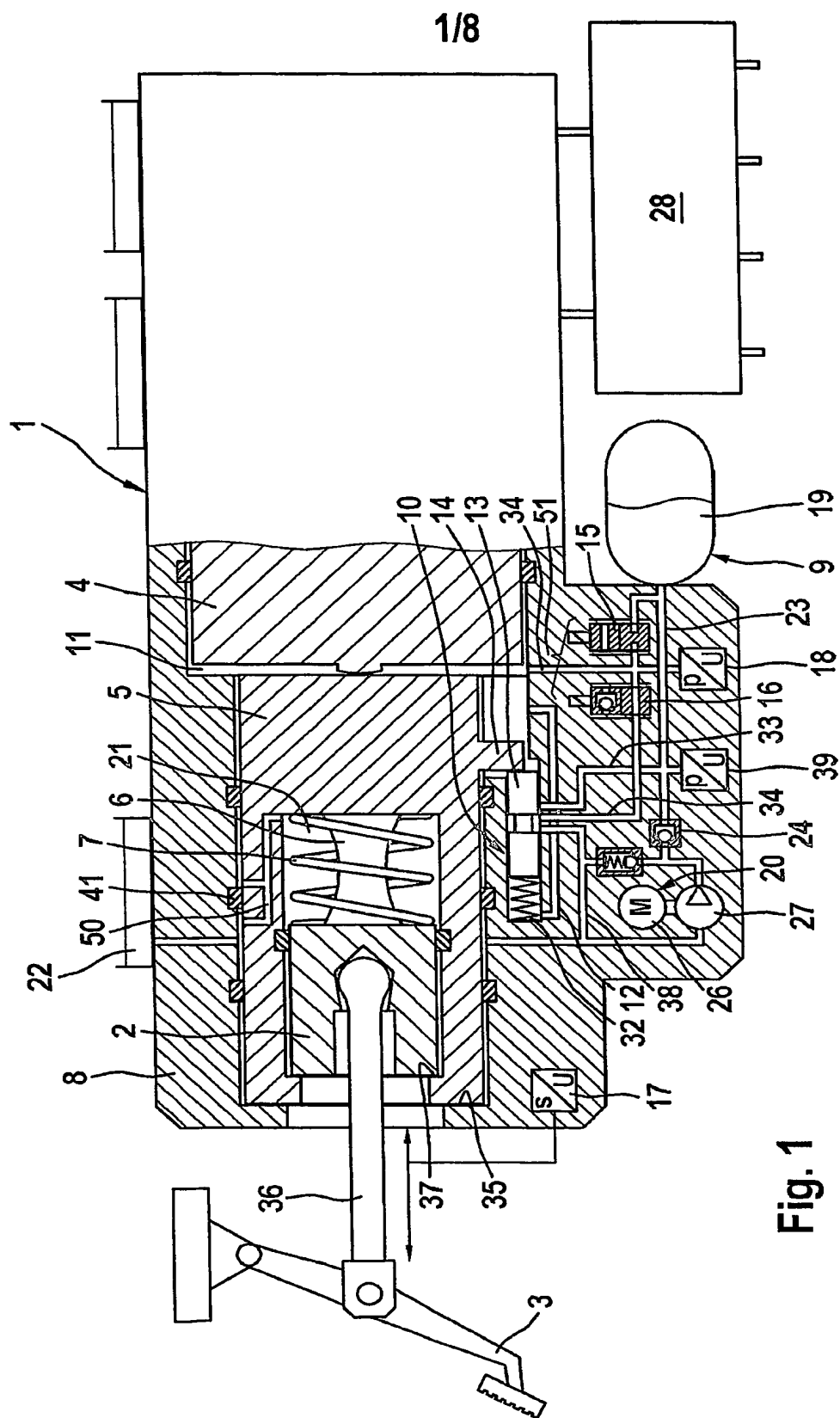


Fig. 1

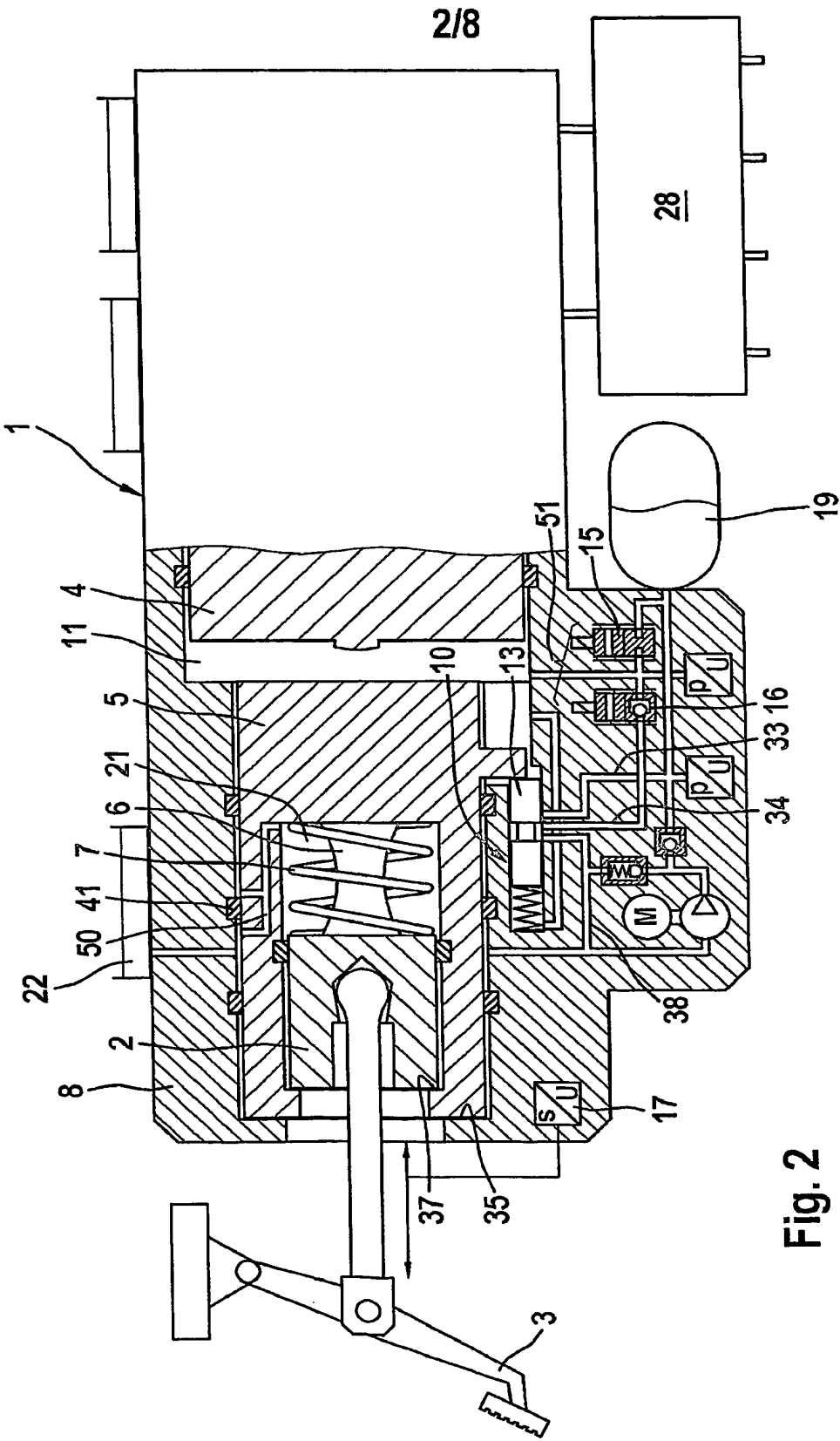


Fig. 2

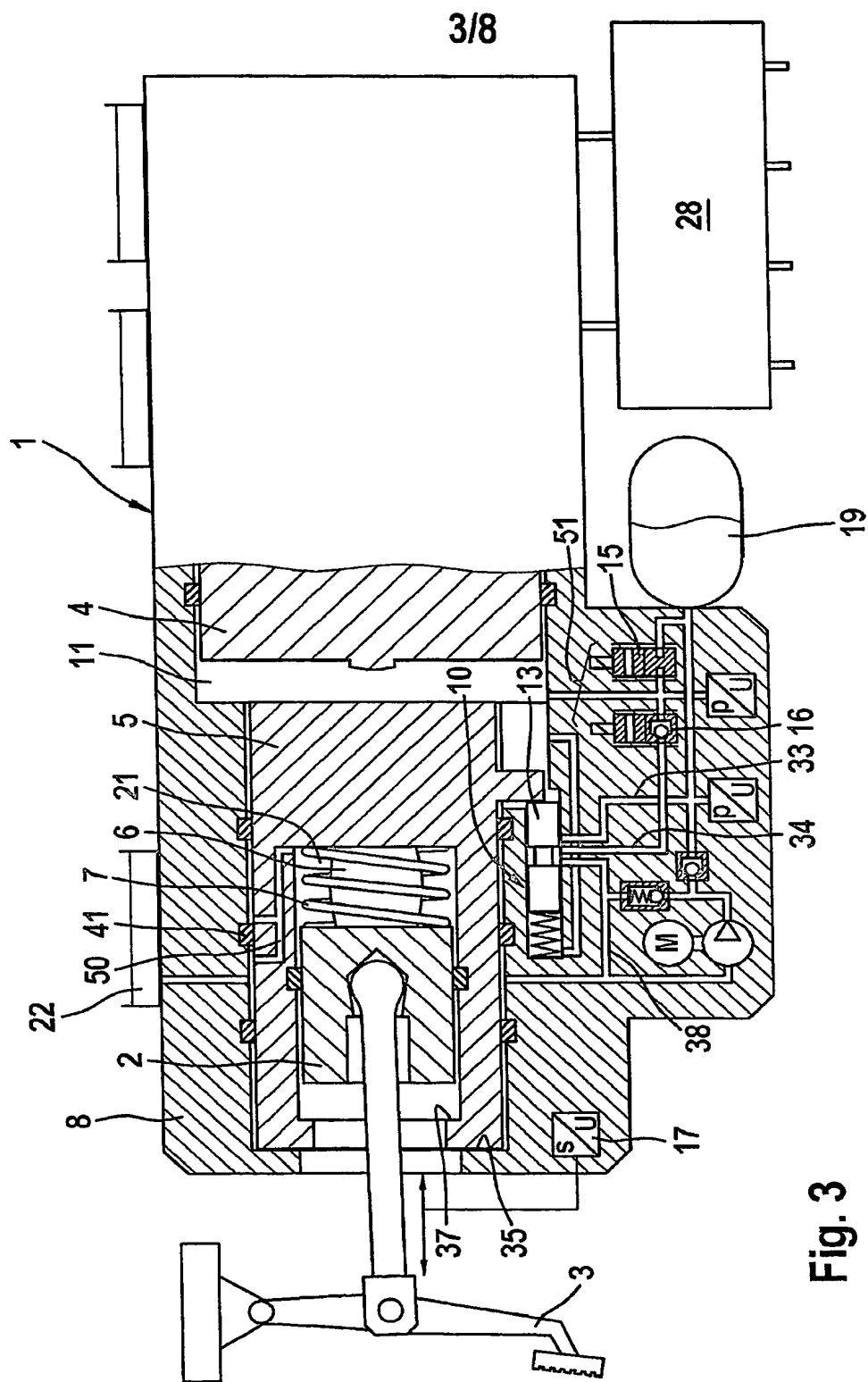


Fig. 3

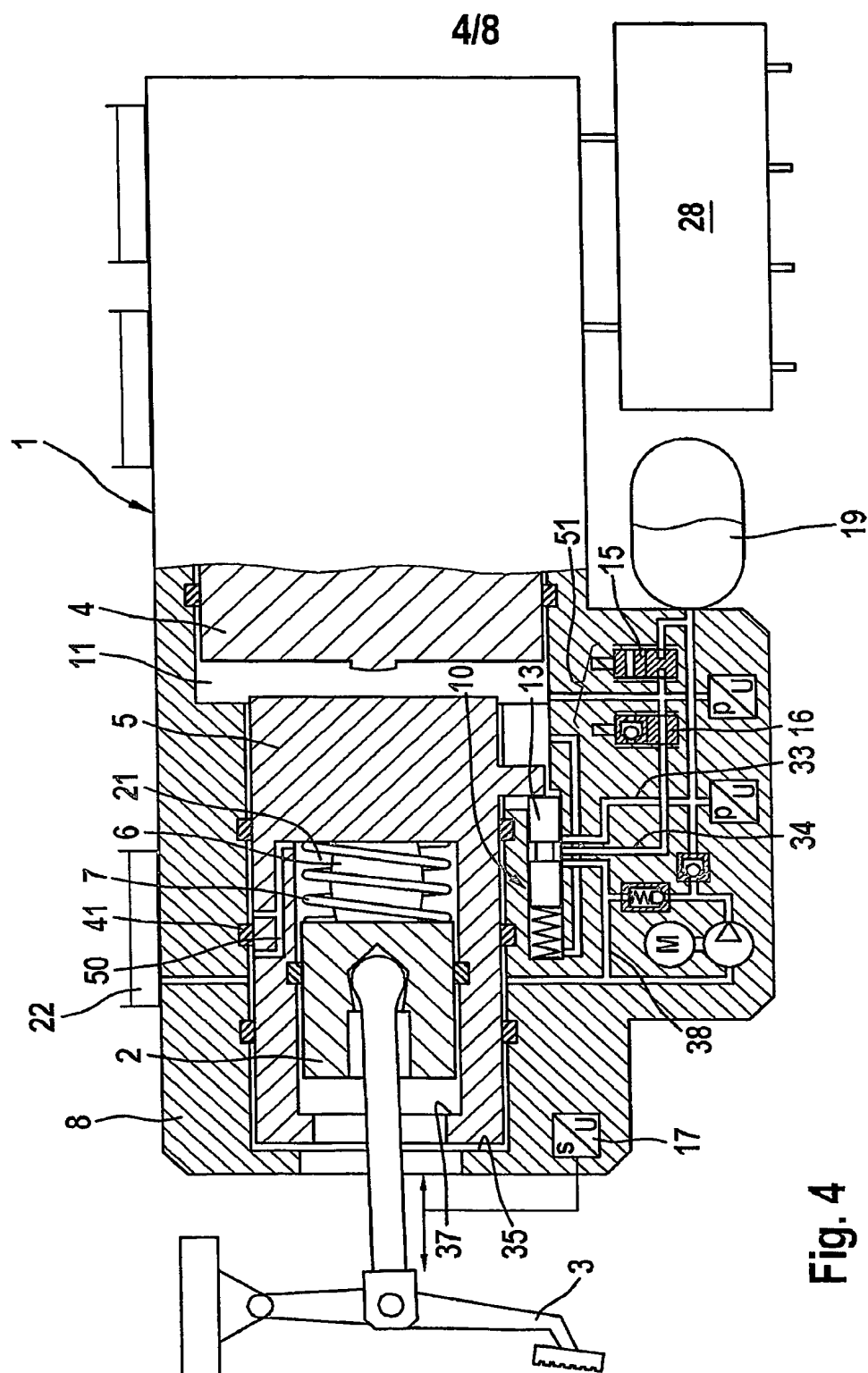
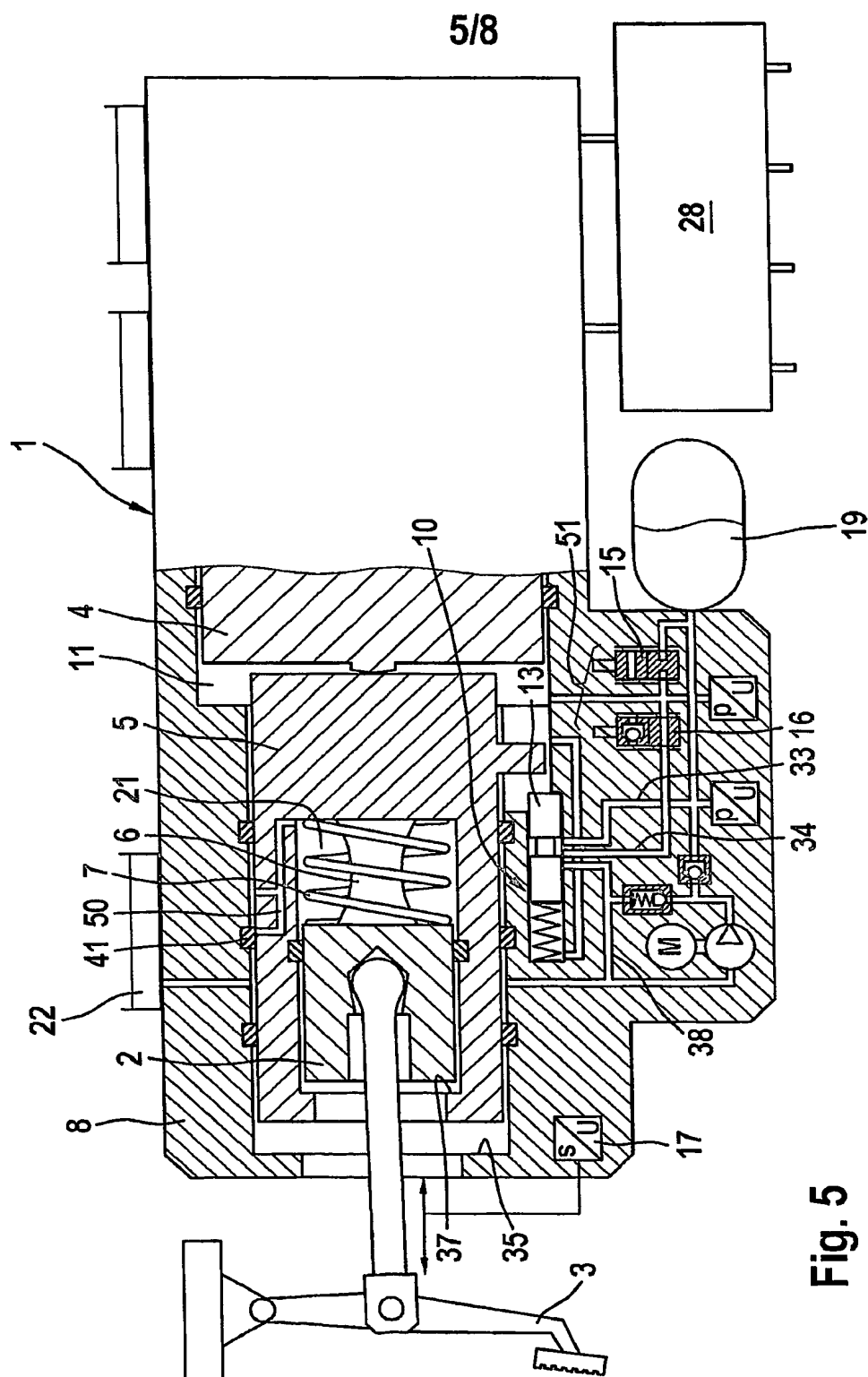


Fig. 4



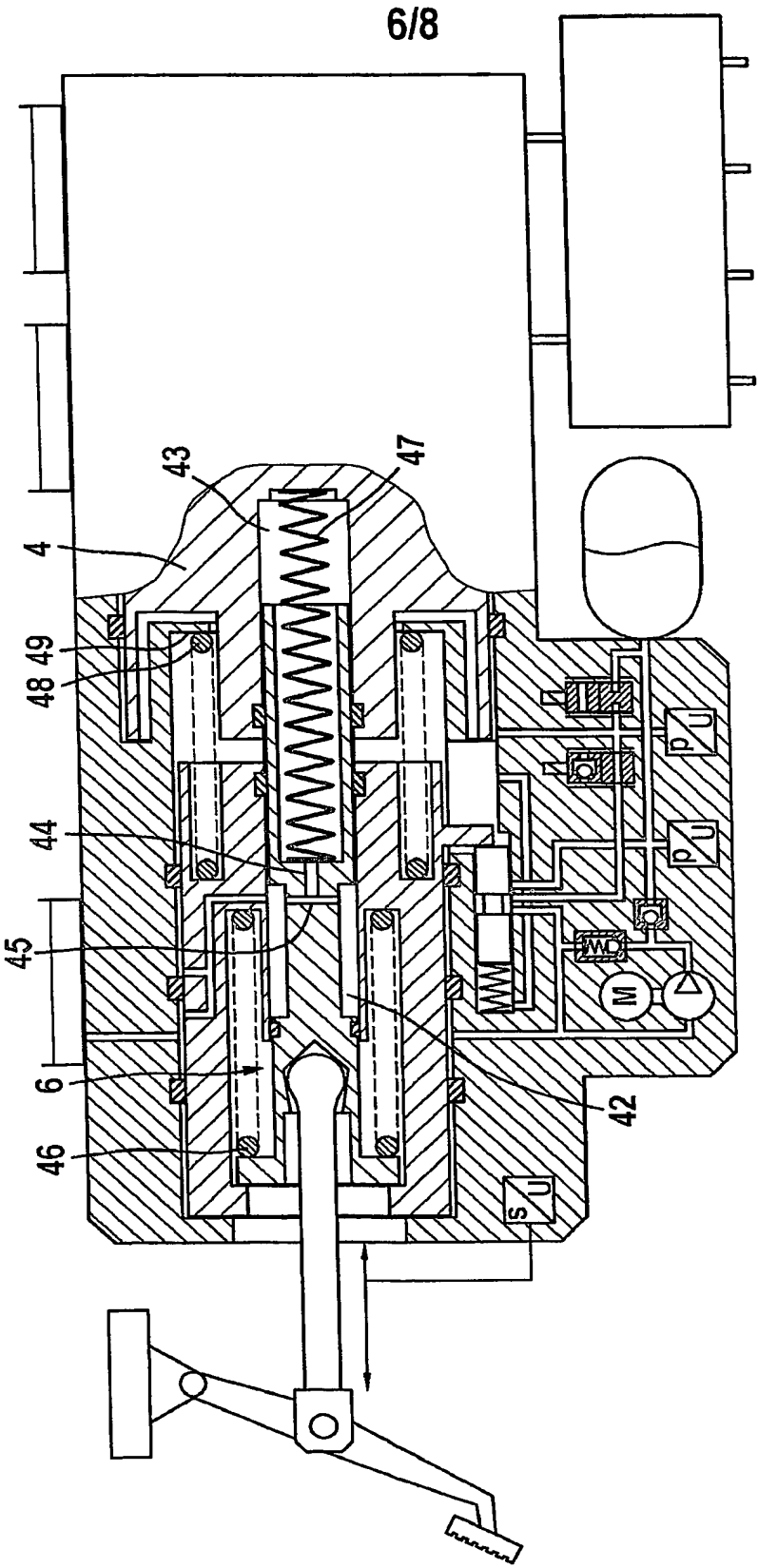
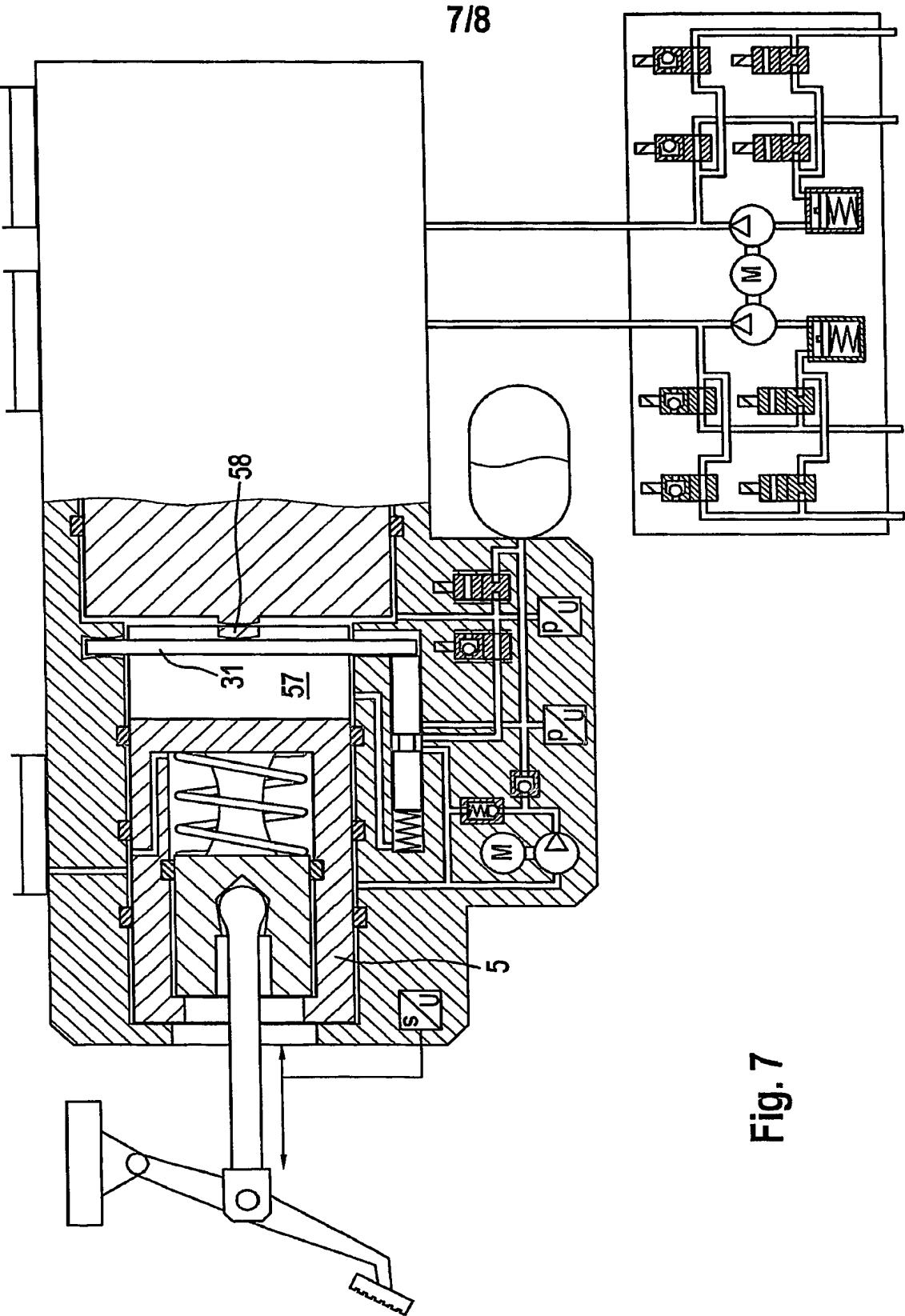
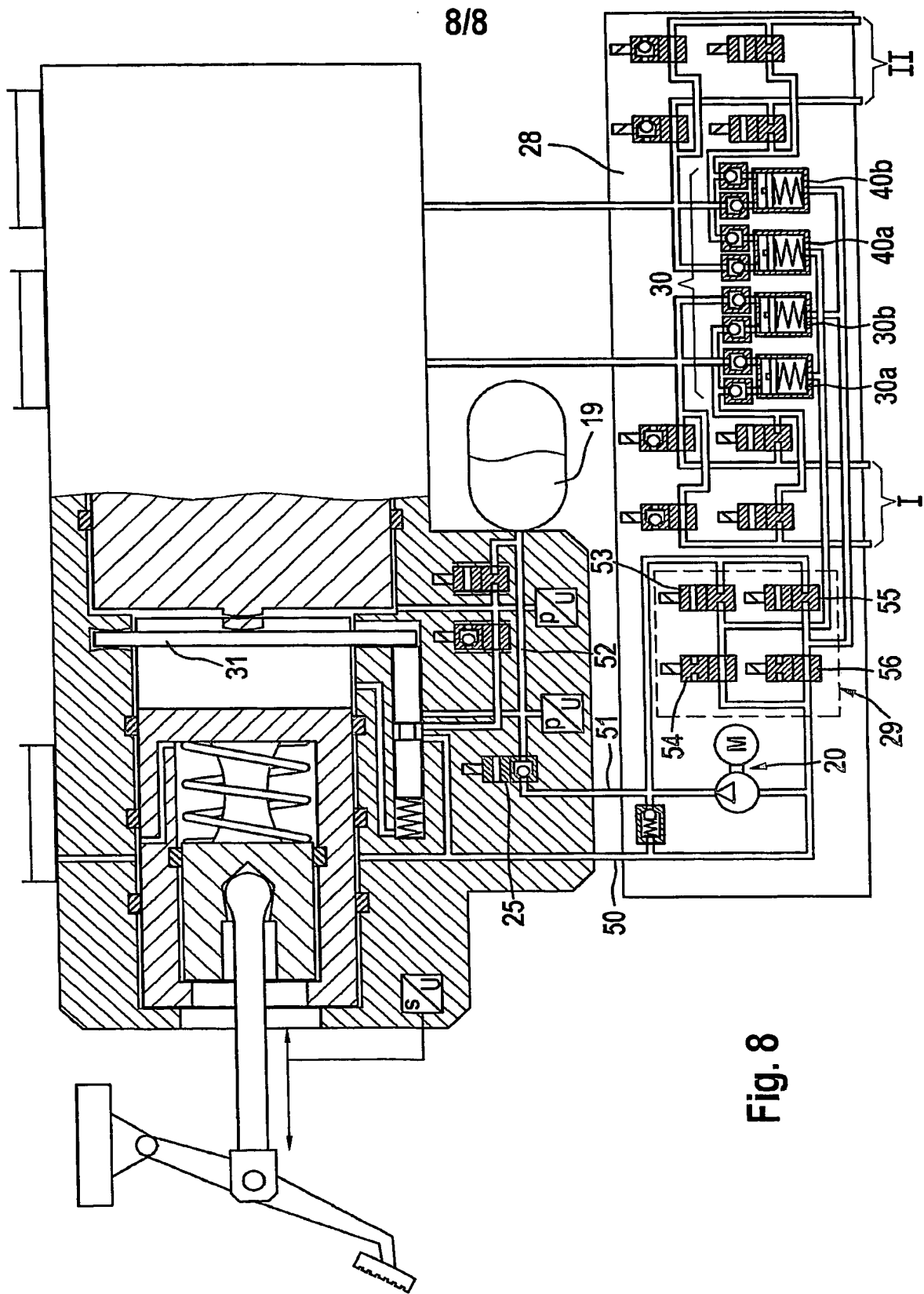


Fig. 6





INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/EP2004/051446

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 B60T8/40 B60T13/14

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 B60T

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 1 078 833 A (CONTINENTAL TEVES & CO OHG) 28 February 2001 (2001-02-28) cited in the application the whole document -----	1,24-26, 35
A	DE 34 20 688 A (BOSCH GMBH ROBERT) 5 December 1985 (1985-12-05) page 6, paragraph 2 - page 7, paragraph 3 page 8, last paragraph - page 10, paragraph 1 page 11, paragraph 2; figure 1 -----	1,3,4,7, 8,10
A	DE 22 41 500 A (BENDIX CORP) 29 March 1973 (1973-03-29) page 6, paragraph 2 page 9, last paragraph - page 11, paragraph 1 figure 3 -----	1,3,4,7, 8,13,24

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *G* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

6 October 2004

Date of mailing of the international search report

20/10/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Meijs, P

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No
PCT/EP2004/051446

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 1078833	A	28-02-2001	DE 10010242 A1 EP 1078833 A2	08-03-2001 28-02-2001
DE 3420688	A	05-12-1985	DE 3420688 A1 FR 2565184 A1 JP 60261760 A	05-12-1985 06-12-1985 25-12-1985
DE 2241500	A	29-03-1973	AU 465278 B2 AU 4658672 A CA 988128 A1 CA 994834 A2 CA 1003006 A2 DE 2241500 A1 FR 2152863 A1 GB 1396909 A GB 1396910 A IT 967411 B JP 48037567 A JP 57079056 U US 3761140 A US 3907375 A	25-09-1975 28-03-1974 27-04-1976 10-08-1976 04-01-1977 29-03-1973 27-04-1973 11-06-1975 11-06-1975 28-02-1974 02-06-1973 15-05-1982 25-09-1973 23-09-1975

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2004/051446

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 B60T8/40 B60T13/14

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchiertes Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 7 B60T

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 1 078 833 A (CONTINENTAL TEVES & CO OHG) 28. Februar 2001 (2001-02-28) in der Anmeldung erwähnt das ganze Dokument	1,24-26, 35
A	DE 34 20 688 A (BOSCH GMBH ROBERT) 5. Dezember 1985 (1985-12-05) Seite 6, Absatz 2 - Seite 7, Absatz 3 Seite 8, letzter Absatz - Seite 10, Absatz 1 Seite 11, Absatz 2; Abbildung 1	1,3,4,7, 8,10
A	DE 22 41 500 A (BENDIX CORP) 29. März 1973 (1973-03-29) Seite 6, Absatz 2 Seite 9, letzter Absatz - Seite 11, Absatz 1 Abbildung 3	1,3,4,7, 8,13,24

☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

G Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

6. Oktober 2004

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

20/10/2004

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Meijs, P

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/051446

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
EP 1078833	A	28-02-2001	DE	10010242 A1	08-03-2001
			EP	1078833 A2	28-02-2001
DE 3420688	A	05-12-1985	DE	3420688 A1	05-12-1985
			FR	2565184 A1	06-12-1985
			JP	60261760 A	25-12-1985
DE 2241500	A	29-03-1973	AU	465278 B2	25-09-1975
			AU	4658672 A	28-03-1974
			CA	988128 A1	27-04-1976
			CA	994834 A2	10-08-1976
			CA	1003006 A2	04-01-1977
			DE	2241500 A1	29-03-1973
			FR	2152863 A1	27-04-1973
			GB	1396909 A	11-06-1975
			GB	1396910 A	11-06-1975
			IT	967411 B	28-02-1974
			JP	48037567 A	02-06-1973
			JP	57079056 U	15-05-1982
			US	3761140 A	25-09-1973
			US	3907375 A	23-09-1975